

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-354140

(43)Date of publication of application : 24.12.1999

(51)Int.Cl.

H01M 8/02

(21)Application number : 10-162316

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB
INC

(22)Date of filing : 10.06.1998

(72)Inventor : KAWAKADO MASAYA
KAMIYA ATSUSHI
TANIGUCHI TAKUMI
MORIMOTO TOMO
SATO NORIO

(54) THIN FILM ELECTROLYTE HAVING HIGH STRENGTH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a proton-conductive high strength thin film electrolyte to satisfy high strength and low film resistance concurrently.

SOLUTION: An electrolyte film having proton conductivity, in particular an electrolyte film comprising a fluororesin having a strong acid group or its precursor and having 5 meq./g-0.2 meq./g of ion-exchange capacity (functional group quantity in the case of the precursor), is biaxially elongation processing at the temperature from its near glass transition temperature to its melting point or less, to provide a proton-conductive high strength thin film electrolyte having 50 μm or less of film thickness, 8 N or more of film strength, and 0.07 Ωm^2 or less of film resistance.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.07.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-354140

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 M 8/02

識別記号

F I

H 0 1 M 8/02

P

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-162316

(22) 出願日 平成10年(1998) 6月10日

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1

(72) 発明者 川角 昌弥

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 神谷 厚志

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 上野 登 (外1名)

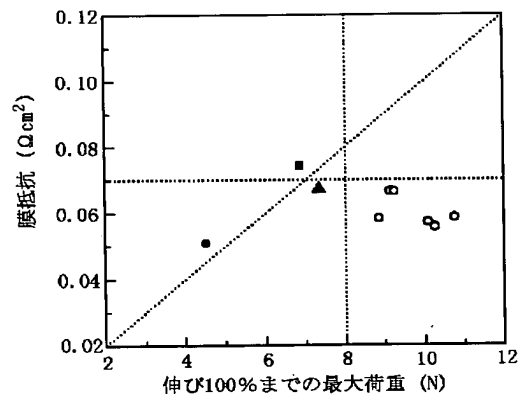
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度薄膜電解質

(57) 【要約】

【課題】 高強度と低膜抵抗を同時に満足するプロトン伝導性の高強度薄膜電解質を提供すること。また、プロトン伝導性の高強度薄膜電解質を安価な手法で実現する方法を提供すること。

【解決手段】 プロトン伝導性を有する電解質膜、特に、強酸基もしくはその前駆体を有するイオン交換容量(前駆体の場合は官能基量) 5ミリ当量/g \sim 0.2ミリ当量/gのフッ素樹脂からなる電解質膜を、ガラス転移温度近傍から融点以下の温度で2軸延伸処理することにより、膜厚50 μ m以下、膜強度8N以上、膜抵抗0.07 Ω cm²以下のプロトン伝導性の高強度薄膜電解質を得る。



○ 延伸処理膜 (実施例1)

▲ 未延伸 ナフィオン112膜 (比較例1)

● 未延伸 ナフィオン111膜 (比較例2)

■ 多孔質フッ素樹脂補強膜 (比較例3)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 膜厚 50 μm 以下、膜強度 8 N 以上、膜抵抗 0.07 Ωcm^2 以下であるプロトン伝導性の高強度薄膜電解質。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高強度薄膜電解質に関し、さらに詳しくは、固体高分子型燃料電池に用いられる固体高分子電解質膜として好適な高強度薄膜電解質に関するものである。

【0002】

【従来の技術】固体高分子型燃料電池は、電解質として固体高分子電解質膜（以下、単に「電解質膜」という）を用いる燃料電池であり、出力密度が高いこと、構造が単純であること、動作温度が比較的低いこと、静粛性があること、等の特徴を有していることから、従来から宇宙開発用あるいは軍用の電源として用いられている。また、燃料電池は、水素を燃料として用いた場合、本質的には窒素酸化物及び炭酸ガスを排出しないことから、近年では、自動車用の低公害動力源としても注目されている。

【0003】固体高分子型燃料電池 10 は、図 2 に示すように、厚さ 50～200 μm の電解質膜 12 の両面に電極 14、16 を接合した構造が基本構造になっている。電解質膜 12 としては、一般に、ナフィオン（登録商標、デュボン社製）の商品名で知られるパーフルオロスルホン酸膜が代表的である。

【0004】パーフルオロスルホン酸膜は、電解質基としてスルホン酸基を有するパーフルオロビニルエーテルとテトラフルオロエチレンとの共重合体であり、高いプロトン伝導性を有し、しかも耐酸化性に優れていることから、固体高分子型燃料電池用の電解質膜として賞用されているものである。

【0005】また、電極 14、16 は、一般に、白金等を担持させたカーボン粒子と、パーフルオロスルホン酸ポリマーの溶液との混合物をカーボンペーパーあるいはカーボンのクロスに塗布し、その塗布した面を電解質膜 12 に圧着したものである。そのため、電極 14、16 は、白金等を担持させたカーボン粒子と電解質からなる多孔質、かつ疎水性の触媒層 14a、16a と、カーボンペーパー等からなる多孔質の拡散層 14b、16b の 2 層からなっている。

【0006】このような構造を有する固体高分子型燃料電池 10 の電極 14、16 に負荷を接続した状態で、電極 14（燃料極）側及び電極 16（空気極）側に、それぞれ、改質ガス等の水素を含むガス及び空気等の酸素を含むガスを流すと、供給ガスが拡散層 14b、16b を通って、触媒層 14a、16a に達する。そして、燃料極 14 側の触媒層 14a で発生した水素イオンが電解質膜 12 中の電解質基を介して空気極 16 側に移動し、触

媒層 16b において酸素と反応して水が生成することにより、電気エネルギーが外部に取り出されるものである。

【0007】ところで、強酸基を有するパーフルオロ系電解質膜は、上述したように、耐酸化性、導電性ともに良好なため、優れた膜であるが、導電性を発現するには水を必要とする。また、電池内部の反応を効率よく進行させるためには、電解質／触媒／反応ガスが共存する三相界面を十分に確保する必要がある。そのため、電解質膜を燃料電池システムに組み込んだ場合には、電解質膜の適切な水管理が必須である。

【0008】すなわち、電解質膜のドライアップを避けるためには、両極の適切な加湿が必要であり、通常は、供給ガスの加湿で対処している。また、空気極側で水が結露して三相界面が閉塞する「フラッディング」を防止するためには、空気極側の過剰水分を排除する必要がある、通常は、空気流量を上げることにより空気利用率を低くし、過剰水分を揮発させることで対処している。しかしながら、このような水管理はエネルギーロスが大き

く、固体高分子型燃料電池システムの発電効率を下げる結果となっていた。

【0009】そこで、従来から、このような水管理を容易化するためには、電解質膜の薄膜化が有効であることが指摘されていた。電解質膜を薄膜化すると、膜厚方向の水の濃度勾配が大きくなるので、空気極側にかたよ

りがちな水を燃料極側に濃度勾配を利用して逆拡散させることができる。これにより水分の均質化が図れるわけである。

【0010】このような、単に薄膜化された未補強かつ未延伸のパーフルオロスルホン酸膜をそのまま電解質膜として使用する場合には、膜抵抗 0.07 Ωcm^2 以下を維持しながら、膜厚が 50 ミクロン未満、特に顕著には 30 ミクロン未満にしようとする

と、電解質膜の強度が不足する。そのため、電極との接合体作製時に電解質膜にピンホールが生成するなど、歩留まり良く電極接合体を作製することができないという問題がある。

【0011】そこで、電解質膜を薄膜化するためには、燃料電池開発センター発行の「PEFC のすべて（p 11-18）」で指摘されているように、膜の高強度化が必須である。

【0012】この高強度化法として、特開平 8-162132 号公報には、四フッ化エチレン膜を延伸処理した多孔質膜に電解質膜溶液を含浸させ、溶媒を蒸発させて作製した電解質膜が開示されている。また、特開昭 58-201823 号公報には、電解質材料に補強材としてフィブリルを添加し、低温延伸プロセスにより薄膜化した、膜厚 50～300 μm の電解質膜が開示されている。また、狙いは高強度化ではないものの、特開昭 59-43033 号公報には、弱酸と強酸からなる電解質膜を延伸することにより薄膜化した、食塩電解用電解質膜

が開示されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの電解質膜は、いずれも膜抵抗 $0.07\Omega\text{cm}^2$ 以下を維持しながら、膜厚 $50\mu\text{m}$ 以下、膜強度 8N 以上を実現することができなかった。

【0014】即ち、特開平8-162132号公報に開示されているように、多孔性フッ素樹脂により補強された電解質膜によれば、上述したような電解質膜の強度不足の問題をかなり解決することができる。しかしながら、プロセスが煩雑であるため原理上コストアップは避けられない。また、複合化補強膜であり導電率が低下する傾向にあり、強度と膜抵抗を必ずしも高次元で両立できていないという問題がある。

【0015】また、特開昭58-201823号に開示されているように、フィブリルを用いた補強膜では、フィブリルが存在するために粘性が上昇し、通常の押し製膜プロセスが適用できない。そのため、 $50\mu\text{m}$ 以下の薄膜を作製できないという問題がある。また、同公報には膜抵抗は開示されていないものの、食塩電解用であるため（1）弱酸を含むこと、（2）導電性のない補強剤を含んでいること、（3）膜厚が厚いこと、の3点から本発明の目的とする燃料電池用電解質膜としては膜抵抗は高すぎるものと考えられる。

【0016】さらに、特開昭59-43033号公報に開示されているように、弱酸と強酸からなる電解質膜の延伸処理により得られる薄膜は、食塩電解を目的としているため、弱酸を有しており、本発明の目的とする燃料電池用電解質膜としては膜抵抗は高すぎるものと考えられる。すなわち、上記従来技術に示したように、単純に薄膜化しても膜強度が不足してしまい、また補強材を加えると膜抵抗が増大してしまうため、高強度と低膜抵抗とを同時に満足する薄膜電解質が得られなかった。

【0017】本発明が解決しようとする課題は、高強度と低膜抵抗を同時に満足するプロトン伝導性の高強度薄膜電解質を提供することにある。また、本発明が解決しようとする他の課題は、プロトン伝導性の高強度薄膜電解質を安価な手法で実現する方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明に係るプロトン伝導性の高強度薄膜電解質は、膜厚 $50\mu\text{m}$ 以下、膜強度 8N 以上、膜抵抗 $0.07\Omega\text{cm}^2$ 以下であることを要旨とするものである。

【0019】ここで、プロトン伝導性を有する高強度薄膜電解質の基材となる固体高分子電解質としては、プロトンと交換する電解質基を有する種々の高分子材料を用いることができるが、強酸基もしくはその前駆体を有するイオン交換容量（前駆体の場合は官能基量） $0.2\sim 5$ ミリ当量/gのフッ素樹脂が特に好適である。

【0020】また、前記高強度薄膜電解質は、その膜厚が $50\mu\text{m}$ 以下である必要がある。高強度薄膜電解質の膜厚が $50\mu\text{m}$ を超えると、膜厚方向の水の濃度勾配が小さくなり、空気極側にかたよりがちな水を燃料極側に濃度勾配を利用して逆拡散させることが困難となるためである。

【0021】また、前記高強度薄膜電解質は、その膜抵抗が $0.07\Omega\text{cm}^2$ 以下であることが必要である。膜抵抗が $0.07\Omega\text{cm}^2$ を超えると、燃料電池の内部抵抗が大きくなり、燃料電池の発電効率が低下するためである。なお、ここでの「膜抵抗」とは、水温 25°C 、水中の条件下で測定される高強度薄膜電解質の面積当たりの電気抵抗を意味する。

【0022】また、前記高強度薄膜電解質膜は、膜強度が 8N 以上である必要がある。膜強度が 8N 未満であると、電解質膜の両面に電極を接合する際に電解質膜にピンホールが発生し、歩留が低下するためである。なお、ここでの「膜強度」とは、膜幅 1cm の試料を、温度 25°C 、相対湿度 25% の条件下において引張試験を行った場合における歪 10% から 100% までの最大引張荷重を意味する。

【0023】さらに、本発明に係る高強度薄膜電解質は、上述したようなイオン交換容量 $0.2\sim 5$ ミリ当量/gの高分子電解質材料からなる電解質膜を、ガラス転移温度近傍から融点以下の温度で延伸処理することにより、容易に得ることができる。延伸処理により、分子鎖が引き延ばされて高度に配向すると共に、電解質膜が延伸処理前に比してさらに薄膜化されるので、電解質膜の強度を高めると同時に、膜抵抗を低下させることが可能となる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を詳細に説明する。本発明に係るプロトン伝導性を有する高強度薄膜電解質の基材となる固体高分子電解質としては、プロトンと交換する電解質基を有する種々の高分子材料を用いることができる。

【0025】例えば、パーフルオロスルホン酸、パーフルオロホスホン酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリビニルベンジルホスホン酸、ポリトリフルオロスチレンスルホン酸、などの単独重合体や共重合体、また、エチレン-テトラフルオロエチレン共重合体やポリテトラフルオロエチレン、テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体、ポリフッ化ビニリデン、ヘキサフルオロプロピレン-フッ化ビニリデン共重合体、エチレン-クロロトリフルオロエチレン共重合体などのフッ素樹脂にスチレンやトリフルオロスチレンをグラフト重合し、スルホン化やメチルホスホン化したグラフト共重合体、あるいはポリスルホンスルホン酸膜、ポリエーテルエーテルケトンスルホン酸膜、ポリパラフェニレン誘導体スルホン酸膜、などのいわゆる炭化水素系膜などが挙

6

得られるのは、分子鎖が引き延ばされて高度に配向すると共に、結晶性も高まるためと考えられる。また、延伸処理により、膜抵抗の小さい薄膜電解質が得られるのは、電解質膜が薄膜化されるためである。これにより、高強度と低膜抵抗を同時に満足するプロトン伝導性の高強度薄膜電解質を安価に得ることが可能となる。

【0033】なお、電解質膜の延伸方法については、特に限定されるものではなく、1軸の延伸処理でも良く、あるいは2軸以上の多軸延伸処理でも良いが、X軸方向、及びX軸と直角なY軸方向に延伸する2軸延伸処理が特に望ましい。2軸延伸処理によれば、強度の異性が少ない高強度薄膜電解質が得られ、しかも連続製造プロセスに適しやすいので、高強度薄膜電解質を安価に製造できるという利点がある。

【0034】また、延伸倍率は、延伸処理前の電解質膜の膜厚、高強度薄膜電解質に要求される特性等に応じて、適宜選択すればよい。また、延伸後、治具に固定した状態、あるいはフリーの状態で熱処理してもかまわない。熱処理条件も要求特性に応じて適宜選択すればよい。

【0035】（実施例1）パーフルオロ系スルホン酸モノマと四フッ化エチレンの市販の共重合体膜（デュポン社製ナフィオン膜112、イオン交換容量0.91ミリ当量/g、膜厚59μm）を、延伸温度120、140、160、及び180℃で、柴山科学器械製作所



(株)製の2軸延伸処理装置を用いて2軸(X軸とそれと直角のY軸方向)延伸処理した。延伸倍率は、各軸とも40%とした。得られた高強度薄膜電解質の膜厚は、それぞれ、25、28、30、及び32 μm であった。

30 【0036】得られた各高強度薄膜電解質から、膜幅 1 cm のサンプルを切り出し、恒温恒湿槽付きの引張試験機（島津製作所製オートグラフ AGS-D 形）を用い、温度 25℃、相対湿度 25% の条件下において引張試験を行った。そして、歪 10% から 100% までの最大引張荷重を測定し、これを膜強度とした。また、得られた各高強度薄膜電解質について、水中、水温 25℃ の条件下において、二端子交流法（10 kHz）により電気抵抗を測定し、これを膜抵抗とした。

【0037】さらに、得られた高強度薄膜電解質に白金担持カーボン（60%Pt/C（パルカン））と電解質（ナフィオン溶液）とを塗布したカーボクロス（E-TEK社製）からなる電極（0.6mgPt/cm²）を重ね合わせ、120℃（昇温3分、保持10分）、50kg/cm²の条件下でホットプレスを行い、電極接合体を作製した。得られた電極接合体について、リーク試験及び電池評価試験を行った。

【0038】なお、リーク試験は、得られた電極接合体を用いてセルを作製し、セルの片側にのみ圧力をかけ、圧力メータの指示値の変動量からリークの有無を判断した。そして、膜のリーク試験をおこなった時に、短時間

50

で圧力メータの指示値が急減した場合は、膜に孔があいて破壊したとして「破壊あり」と評価し、圧力メータの指示値に変動がなかった場合は「破壊なし」と評価した。

【0039】また、電池評価試験は、アノード条件を「水素、加湿温度＝85℃、圧力＝1.5atm、水素過剰率2.0」とし、カソード条件を「空気、無加湿、圧力＝1.5atm、空気過剰率＝1.5、セル温度＝80℃」として実際に発電（電流密度1.0A/cm²）を行い、15分間、発電電圧が高い状態で安定に維持されている場合を「安定」と評価し、電圧が途中で低下もしくは変動し、安定して発電できなくなった場合を「不安定」と評価した。

【0040】（比較例1）電解質膜として膜厚59μmのナフィオン112を用い、未延伸の状態で、膜強度及び膜抵抗を測定した。また、電解質膜として未延伸のナフィオン112をそのまま用いて電極接合体を作製し、リーク試験及び電池評価試験を行った。なお、測定条件、電極接合体の作製条件、及び評価試験条件は、実施例1と同一とした。

【0041】（比較例2）膜厚が28μmである以外はナフィオン112と同一の特性を有するナフィオン111を電解質膜として用い、未延伸の状態で、膜強度及び*

*膜抵抗を測定した。また、電解質膜として未延伸のナフィオン111をそのまま用いて電極接合体を作製し、リーク試験及び電池評価を行った。なお、測定条件、電極接合体の作製条件、及び評価試験条件は、実施例1と同一とした。

【0042】（比較例3）四フッ化エチレン膜を延伸処理することにより、四フッ化エチレンからなる多孔質膜を作製した。次に、この多孔質膜に、パーフルオロスルホン酸を溶媒に溶解させた電解質溶液を含浸させ、溶媒を除去することにより、パーフルオロスルホン酸を多孔質フッ素樹脂で補強した厚さ23μmの電解質膜（以下、これを「補強膜」という）を得た。

【0043】得られた補強膜について、未延伸の状態で、膜強度及び膜抵抗を測定した。また、未延伸の補強膜をそのまま用いて電極接合体を作製し、リーク試験及び電池評価を行った。なお、測定条件、電極接合体の作製条件、及び評価試験条件は、実施例1と同一とした。

【0044】実施例1及び比較例1～3で得られた各電解質膜の膜強度、及び膜抵抗の測定結果を図1に示す。

また、実施例1及び比較例1～3で得られた電極接合体のリーク試験結果及び電池評価試験結果を表1に示す。

【0045】

【表1】

	膜厚 (μm)	電気接合時の 膜の破壊の有無	燃料電池の高空気利用率時の 電圧特性 (発電電圧)
実施例1 延伸処理ナフィオン112膜	25～32	無し	安定 (0.50V)
比較例1 未延伸ナフィオン112	59	無し	不安定 (0.50V→0V)
比較例2 未延伸ナフィオン111	28	一部の 膜に有り	安定 (0.50V)
比較例3 多孔質フッ素樹脂補強膜	23	極一部の 膜に有り	安定 (0.51V)

【0046】実施例1で得られた高強度薄膜電解質は、膜厚が30μm前後と薄いにもかかわらず、いずれも8N以上の十分な強度を有していた。そのため、電極接合体作製時に膜が壊れることがなく、リークが発生するようなことはなかった。また、実施例1で得られた高強度薄膜電解質は、いずれも0.07Ωcm²以下の低い膜抵抗を示した。膜厚の薄さと低膜抵抗のため、電池として評価したときにおいても、空気利用率の高い（空気過剰率の低い）条件で安定した発電性能を示した。

【0047】一方、比較例1で用いた膜厚59μmの未延伸のナフィオン112は、膜強度が約7Nではあった

が、膜厚が厚いことにより、電極接合時に膜が壊れることはなかった。また、膜抵抗も約0.07Ωcm²であり、固体高分子型燃料電池用の電解質膜としては十分な値であった。しかしながら、空気利用率の高い条件では安定した電池性能が得られなかった。これは膜厚が50μm以上と厚いため、アノード側への水の逆拡散が起きにくく、水がカソード側で結露してフラッドイングを起こしたためではないかと考えられる。

【0048】また、比較例2で用いた未延伸のナフィオン111は、膜厚がナフィオン112の半分であるために、膜抵抗は0.05Ωcm²の低い値を示した。その

ため、空気利用率の高い条件下においても、安定した電池性能を示した。しかしながら、膜強度は4.5Nまで低下しており、また、電極接合体を作製した後のリーク試験において、一部の膜にガスもれが発生する場合があった。これは、膜強度が不足しているため、電極との接合体作製時に膜が破壊し、ピンホールが生成したものと考えられる。

【0049】さらに、比較例3で作製した多孔性フッ素樹脂による補強膜は、プロトン伝導性を有しない四フッ化エチレン膜を含んでいるために、その膜抵抗は0.07Ωcm²を若干超えたが、膜厚が23μmと薄いので、空気利用率の高い条件下においても、安定した電池性能を示した。しかしながら、膜強度が約7Nと若干低いため、極一部の膜にリークが発生する場合があり、電極接合体の歩留まりの点ではまだ不十分であった。

【0050】以上、本発明の実施の形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しないで種々の改変が可能である。

【0051】例えば、上記実施の形態では、電解質膜としてパーフルオロスルホン酸膜を用いた例について説明したが、電解質膜として他の高分子電解質、例えば、エチレン-テトラフルオロエチレン共重合体やポリテトラフルオロエチレンなどのフッ素ポリマーにスチレンやトリフルオロエチレンなどの他のモノマーをグラフト重合させた種々のグラフト共重合体からなる膜をスルホン化した膜、ポリスルホンスルホン酸膜やポリエーテルケトンスルホン酸膜などを用いても良く、これにより上記実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0052】また、上記実施の形態では、本発明に係る高強度薄膜電解質を固体高分子型燃料電池の電解質膜として応用した例について説明したが、本発明に係る高強

度薄膜電解質の用途は、これに限定されるものではなく、酸素濃縮器、ガスセンサ、湿度センサに用いられる電解質膜、あるいは、水電解、ハロゲン化水素酸電解、食塩電解用の電解質膜としても使用できる。

【0053】

【発明の効果】以上のように本発明に係る高強度薄膜電解質は、所定のイオン交換容量もしくは官能基量を有するプロトン伝導性的高分子電解質膜を延伸処理することにより得られるものであるもので、膜厚が薄いにもかかわらず、高強度と低膜抵抗を同時に満足させることができるという効果がある。また、高分子電解質膜を延伸処理するだけでよいので、所望の特性を有する高強度薄膜電解質を安価に製造することができるという効果がある。

【0054】そのため、これを例えば、固体高分子型燃料電池の電解質膜として用いれば、電解質膜の水管理が容易な電極接合体を高い歩留りで製造することができると共に、高価な高分子電解質膜の電池当たりの使用量が少なくなり、これにより発電効率の高い燃料電池を低コストで製造することが可能となるものであり、産業上その効果の極めて大きい発明である。

【図面の簡単な説明】

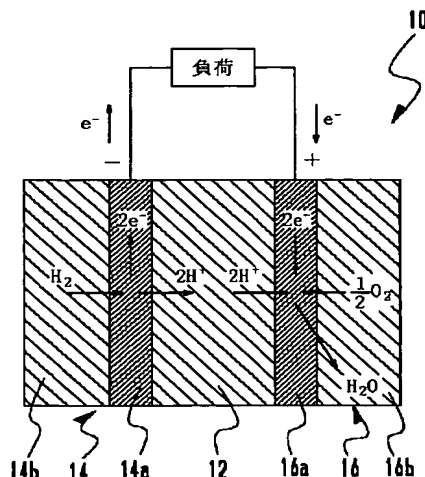
【図1】高分子電解質膜の強度と膜抵抗の関係を示す図である。

【図2】固体高分子型燃料電池の概略構成図である。

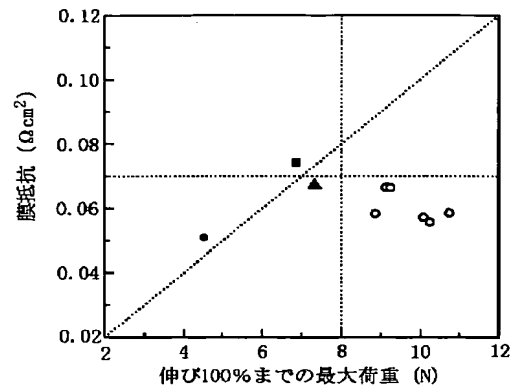
【符号の説明】

10	固体高分子型燃料電池
12	固体高分子電解質膜（電解質膜）
14	電極（燃料極）
16	電極（空気極）
14a、16a	触媒層
14b、16b	拡散層

【図2】



【図 1】



- 伸伸処理膜 (実施例 1)
- ▲ 未伸伸 ナフィオン112膜 (比較例 1)
- 未伸伸 ナフィオン111膜 (比較例 2)
- 多孔質フッ素樹脂補強膜 (比較例 3)

フロントページの続き

(72)発明者 谷口 拓未
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 森本 友
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 佐藤 紀夫
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内